



ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ – СОФИЯ
КАТЕДРА ТОПЛО И ЯДРЕНА ЕНЕРГЕТИКА

МАРИЕЛА ДАНЧОВА МЛАДЕНОВА

**ТЕЖКИ АВАРИИ В ЯДРЕНИТЕ
ЕЛЕКТРОЦЕНТРАЛИ И МЕТОДИ ЗА ТЯХНАТА
ЛОКАЛИЗАЦИЯ**

ДОКЛАД

София, 2014г.

УВОД

Ядрената електроцентра е сигурен и ефективен начин за производство на електричество. Към момента се експлоатират над 430 реактора в 31 страни. Те осигуряват над 11% от електроенергията в световен мащаб. 56 са страните експлоатиращи около 240 експериментални реактора, а още 180 ядрени реактора захранват около 150 кораби и подводници. Но след станалите тежки аварии в АЕЦ “Три Майл Айлънд” (САЩ), АЕЦ “Чернобил” (Украйна) и АЕЦ “Фукушима” (Япония), ядрената енергетика търпи сериозни критики, които застрашават по-нататъшното ѝ развитие. Ето защо осигуряването на ядрена безопасност е по-важно от всякога. Това води до необходимостта от разработване и прилагане на универсални стандарти за безопасност, гарантиращи опазване на здравето на хората, защитата на околната среда и запазването на общественото доверие в ядрената енергетика.

С развиването на ядрената енергетика се поставят нови, по-строги правила и изисквания относно ядрената безопасност. При усъвършенстването на ядрените реактори се увеличава и безопасността. В новостроящите се ЯЕЦ с реактори от трето поколение високото ѝ ниво се достига чрез широко прилагане на пасивни системи на безопасност, както и дълбоко ешелонирана защита – система от физически бариери, поставящи се по пътя на разпространение на радиоактивните вещества.

Тъй като човечеството е зависимо от енергията и с увеличаването му е нужно все повече енергия, ако ядрената технология трябва да допринесе за задоволяването на бъдещите енергийни потребности и да облекчи сериозните ефекти, които оказват останалите енергийни източници върху околната среда, тя трябва да получи общественото одобрение. За тази цел е необходима разумна и безпристрастна информационна програма по всички аспекти. В противен случай развитието на този тип производство на енергия ще бъде възпрепятствано и дори спряно, а всъщност нито един източник няма да може да удовлетвори нуждите на бъдещите поколения, така както ядрената енергетика.

1. ТЕЖКА АВАРИЯ

Системите и елементите на една ядрена централа са проектирани съгласно определени критерии за безопасност с цел да се избегнат възможно най-много евентуални аварийни събития.

По дефиниция под авария се разбира нарушение на експлоатацията на ядрената централа, при което има изхвърляне на радиоактивни продукти и/или йонизиращи лъчения извън предвидените от проекта за нормална експлоатация граници в количества, превишаващи установените предели за безопасна експлоатация.

1.1. Типове аварии

Проектна авария: е авария, с отчитането на която е проектирана ядрената централа в съответствие с определени проектни граници, включително степен за повреждане на горивото и освобождаване на радиоактивни вещества в околната среда.

Надпроектна авария: е авария, чиито последствия са по-тежки от проектната авария, но без значително повреждане на активната зона.

Тежка авария: е авария, която предизвиква значително повреждане на активната зона, съпроводено с изпускане на радиоактивни продукти.

1.2. Начало на тежката авария

В най-общия случай до тежка авария се достига след началото на една проектна авария, при което след поредица от човешки грешки и/или наслагване на откази в системите за безопасност се достига до надпроектна авария. Поради недостатъчна ефективност на системите за безопасност, надпроектната авария може да прерастне в тежка авария

Прието е за начало на тежката авария да се приема достигането на температура от 1200°C на обвивката на топлоотделящите елементи. Други проектни критерий са локалната дълбочина на окисление на обвивката на топлоотделящите елементи надвишаваща 18% от началната ѝ дебелина и степента на реагиралия цирконий надвишаващ 1% от масата на топлоотделящия елемент. До момента няма надеждно средство за оценка на последните два параметъра, ето защо като критерий за преход към тежка

авария се явява температурата на обвивката на топлоотделящия елемент, съответстваща на температурата на толоносителя на изхода от активната зона от порядъка на 650°C.

1.3. Фази на развитие

В процеса на развитие на тежката авария ясно се разграничават две фази: вътрешно-корпусна и извън-корпусна фаза. Границата между двете фази на аварията е пробивът на дъното на корпуса на реактора. Всяка от тези две фази се характеризира с определени явления.

Характерни процеси за вътрешнокорпусната фаза:

- Прегряване на горивото и обвивката на топлоотделящите елементи;
- Процес на екзотермична оксидация на обвивката на топлоотделящите елементи, съпроводен с отделяне на водород;
- Повреждане и разрушаване на обвивката на топлоотделящите елементи;
- Значителна скорост на генериране на водород и възможни процеси на горене;
- Разтопяване на активната зона и релокализация на разтопената маса;
- Взаимодействие между стопилката и наличното количество вода в корпуса на реактора;
- Разгриване на корпуса на реактора в областта на контакт между стопилката и стената на корпуса.

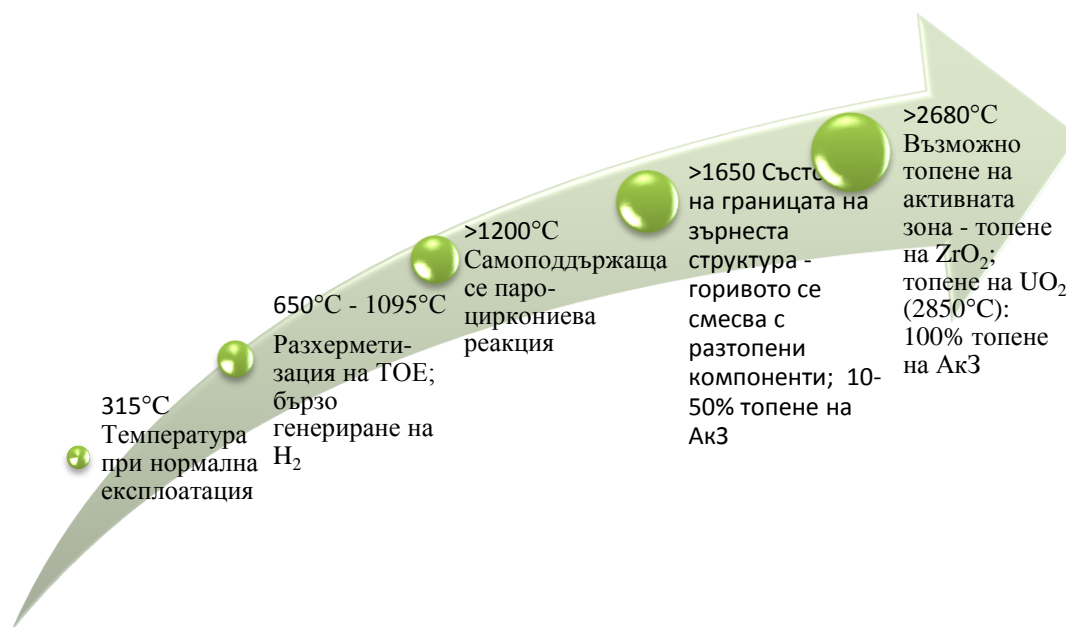
Характерни процеси за извънкорпусната фаза:

Явления, възникнали непосредствено по време на отказ на корпуса или малко след това:

- Директно нагриване на херметичната обвивка;
- Парни експлозии извън корпуса на реактора;
- Водородни явления.

Дългосрочни явления:

- Взаимодействие на стопилката с бетона;
- Попадане на стопилката в помещенията на хермозоната;
- Повторно повишаване на налягането;
- Процеси на горене на водорода.



Фиг.1 Развитие на тежка авария

2. МЕТОДИ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ТЕЖКИ АВАРИИ И РЕШЕНИЯ ЗА ОВЛАДЯВАНЕТО ИМ

Основна задача при осигуряване безопасността на ЯЕЦ е защитата на експлоатационния персонал, населението и околната среда от радиационно въздействие при всички режими на работа на ЯЕЦ. Предвидено е използването на редица решения, насочени за предотвратяване изтичането на радиоактивност в околната среда. Основен дял в осигуряване на ядрената безопасност в ЯЕЦ са правилните действия на персонала при нормална експлоатация и аварийни състояния. А също така осигуряването на безопасността се постига с внедряване на локализиращи системи за безопасност, които се състоят от:

- Двойна защитна обвивка с междинен конектор;
- Система за филтърна вентилация;
- Система за доизгаряне на водорода на основата на пасивни рекомбинатори;
- Спринклерна система;
- Устройство за локализация на разтопената маса от активната зона;
- Технологични тапи.

2.1 Ръководство за управление на тежки аварии

За осигуряване на системен подход при диагностициране на аварийни състояния на блока са разработени аварийни инструкции от два пакета документи: Симптомно-Ориентирани Аварийни Инструкции (СОАИ) и Ръководство за Управление на Тежки Аварии (РУТА).

За управление на аварии, които предизвикват значително повреждане на активната зона е разработено Ръководство за управление на тежки аварии. Ръководството представлява набор от процедури, съдържащи инструкции за действия на операторите в условията на тежка авария, както и ръководство, предназначено за екипа в Центъра за Управление на Аварията.

Ръководството е създадено на базата на предварително установени група от аварийни стратегии, насочени към предотвратяване и/или намаляване на ефектите и последствията от тежка авария.

Стъпките в Ръководството за управление на тежки аварии са действия, осигуряващи реализиране на мерки за управление на аварията, предназначени за предотвратяване или забавяне във времето на повредата на активната зона и изхвърляне на радиоактивни продукти в околната среда. Тези действия се наричат превантивни мерки и представляват опити за запазване на бариерите срещу разпространяване на радиоактивните вещества.

Ръководството за управление на тежки аварии влиза в действие след като всички определени в Симптомно-ориентираните аварийни инструкции действия за възстановяване на критичните функции на безопасност са се оказали неуспешни и е започнала деградация на активната зона, вследствие критично високи температури, измерени на изхода на активната зона.

След започване на операторски действия по Ръководството за управление на тежки аварии, задължително условие е прекратяване на всякакви действия, предписани в аварийните инструкции.

До момента на сформиране и готовност за работа на екипа по управление на тежка авария в Центъра за управление на тежки аварии, отговорността за адекватното изпълнение на стратегиите за управление на тежка авария се поема от операторите на Блочния щит за управление.

Целта на Ръководството за управление на тежки аварии е да доведе централата до безопасно състояние при тежка авария, и се реализира чрез изпълнението на две главни функции:

- Отвеждане на топлината;
- Управление на налягането в херметичните помещения.

2.2 Двойна защитна обвивка с междинен конектор

За предотвратяване на разпространението на радиоактивни вещества в околната среда, изтекли от първата защитна обвивка, са предвидени два начина.

Първият начин е построяването на втора защитна обвивка, която да покрива изцяло първата.

Вторият начин е покриването само на местата, където се очаква да има пропуски, като се има предвид, че през останалата непокрита част няма да има изтичане на радиоактивен материал или той ще бъде незначителен.

Част от стратегията е първата защитна обвивка да обхваща всички системи/компоненти, съдържащи значително количество на радиоактивни вещества, за да се избегне изтичането им в околната среда при евентуална авария.

Много важно изискване е да се сведе до минимум байпасът на втората защитна обвивка, тъй като при байпас има преки изпускания на радиоактивни вещества в околната среда и по този начин се застрашава ефективността на двойната бариера.

Изборът между единична и двойна защитна обвивка може да бъде направен и на основата на изискванията за защита срещу външни събития.

Контейнмънтът е проектиран да издържи на:

- Сеизмични натоварвания;
- Силен вятър;
- Падане на самолет;
- Въздействие на ударна вълна;
- Натоварване от снежна покривка;
- Торнадо;
- Наводнения.

По-специално внимание, при проектиране на централата, се обръща на самолетна катастрофа. Обикновено там се предпочита двойната защитна обвивка, тъй като при най-лошия сценарий, външната обвивка ще се разруши, но вътрешната ще се запази и по този начин ще се ограничи изпускането на радиоактивните вещества в околната среда.

2.3 Спринклерна система

Спринклерната система е активна локализираща система за безопасност. Тя понижава налягането и температурата на средата в контейнмънта.

Основа за проектирането на системата е необходимостта от ограничаване на налягането в защитната обвивка с последващо понижаване на налягането до атмосферно, в течение на определен период от време. Времето за понижаване на налягането до атмосферното не превишава 24 ч, като същевременно се спазват нормативите за изхвърляне и за съдържанието на радиоактивни продукти в околната среда .

Също така тази система се използва за свързване на радиоактивния изотоп йод-131, както и за аварийно пълнене на басейна за съхранение на отработилото гориво.

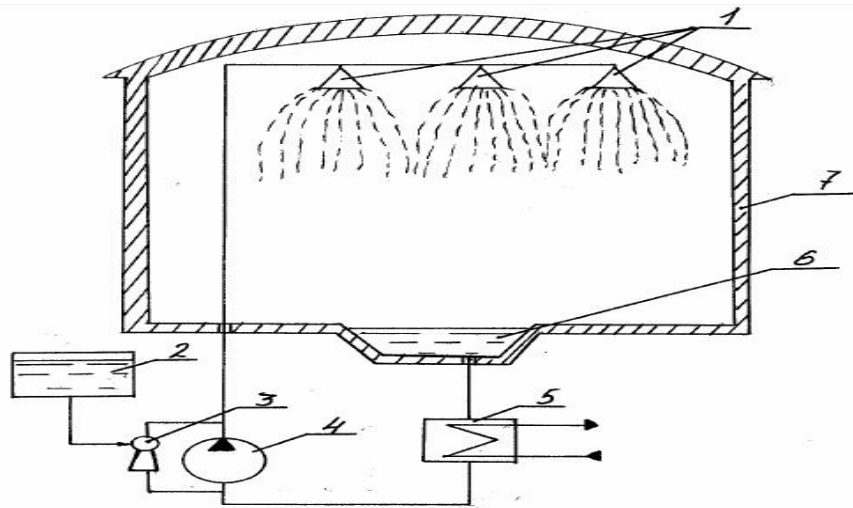
При скъсване на тръбопровод, поради изпарението на прегрялата вода, налягането се повишава. Системата разпръсква охлаждаща вода през дюзи, при което парата кондензира и налягането в херметичната обвивка се понижава.

Нормалният режим на работа на спринклерната система е в режим на очакване.

Активирането на системата става при:

- Повишаване на налягането над 0,03 МРа;
- Намаляване на температурната разлика до 10°C между температурата на насищане и максималната температура за първи контур.

Спринклерната система осигурява впръскване на борирана вода във въздушното пространство на защитната обвивка с температура до 70°C. Впръскваната течност в херметичната обвивка се преобразува във вид на отделни капки, падащи от голяма височина и дълго време до достигне на топлинно равновесие с околната среда, която от своя страна представлява смес от пара, въздух и други газове, които могат да се образуват по време на авария. При впръскване капките образуват кондензационни ядра, при което част от парата кондензира интензивно. Кондензацията на парата намалява налягането в обема на херметичната обвивка.



Фиг.2 Функционална схема на спринклерна система

1. Дюза
2. Резервоар за калиев борат
3. Ежекторна подхранваща помпа
4. Центробежна помпа
5. Теплообменник
6. Резервоар за охлаждаща вода
7. Херметична обвивка

Недостатъците на спринклерната система са два. Първо използването на тази система води до необходимостта за спиране на блока, тъй като цялото оборудване е наводнено от концентрирания разтвор на борна киселина. Вторият недостатък е студеният поток от разтвора, при заливане на оборудване с висока температура, може да предизвика допълнително термично напрежение.

2.4 Система за филтърна вентилация

Предотвратяване на изпускането на радиоактивни вещества в околната среда остава един от основните въпроси на ядрената безопасност.

В случай на авария с разтопяване на активната зона, контейнмънтът може да претърпи повреда в резултат на свръхналягане, причинено от остатъчната топлина генерирана в защитната обвивка при дълъг период от време. Предизвикателството е поддържането целостта на херметичната конструкция и предотвратяване на значително изпускане на радиоактивни материали в околната среда.

Основните фактори, които допринасят за повишаване на налягането са:

- Интензивно и непрекъснато генериране на пара;
- Радиоактивните материали, намиращи се в контейнмънта;
- Генериране на некондензируеми газове.

Интегриране на система за филтърна вентилация се счита като най-добра защита за запазване на целостта на херметичната обвивка при тежка авария. Според нормите наложени от стрес-тестовете тази система трябва да отговаря на следните изисквания:

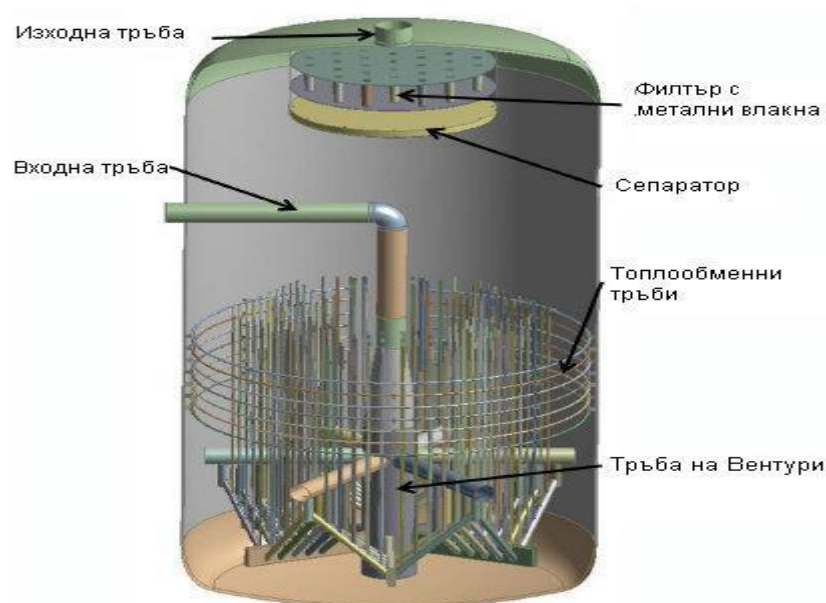
- Предпазва от превишаване на налягането;
- Минимизира изтичането на радиоактивни вещества в околната среда и намалява дозите извън площадката;
- Намалява замърсяването на средата;
- Намалява концентрацията на водорода и други некондензируеми газове.

Системата за филтърна вентилация е пасивна, саморегулираща се система за намаляване на налягането в контейнмънта. Тази система се задейства пасивно от мембрана. Не е нужна нито вода, нито електрическа енергия, а интервенцията от оператор не е нужна за поне първите 24 часа от активирането

на системата. При операция за повече от 24 часа, всички вътрешни топлообменници може да се използват за остатъчното топлоотделяне във филтъра. Всякаква водна система с ниско налягане (пожарна кола, преносима помпа, т.н.), може да се използва, за да предостави вода за охлаждане на топлообменника.

Дизайнът на системата може да се нагласи за различни условия, включително промени в оперативното налягане, локализация, околна температура, изисквания за радиационна защита и други условия.

Фазите на действие на системата за филтърна вентилация са две.



Фиг.3 Система за филтърна вентилация

При първата фаза въздушният поток, който влиза в скрубера е инжектиран в басейн с вода чрез малък брой дюзи на вентури. Съотношението на диаметъра на аерозолите и вентури гърлото изключва възможността за запушване.

Паради голямата разлика между скоростта на частиците на водата и скоростта на идващия поток, повече от 99.9 % от аерозолите се премахват. В същото време, частиците от увлечената вода предоставят големи повърхности на масов трансфер в гърлото на дюзата, което позволява ефективна сорбция на йод.

Добавянето във водата на сода каустик и други вещества води до оптималното задържане на йод във водния басейн в скрубера.

Във втората фаза на пречистване, микро-аерозол филтърът, допълнително оборудван с метални влакна до 2 μm , помага да се избегне значително дългосрочно повторно улавяне. Газът, излизащ от басейна, съдържа малко количества аерозоли, както и малко капки от скрубинг вода. И двете са отстранени от газа чрез високоефективна сепарация и чрез филтър за микро-аерозоли.

В първата част на филтъра, капките вода са агломерирани и премахнати. Втората част от филтъра задържа аерозолните частици, които са твърде малки за задържане от всякакви скрубери и сепариращи устройства.

Комбинираната скрубер-филтър система е свързана с контейнмънта или чрез два изолационни клапана или изолационен клапан с мембрана и въздушна линия. Филтрираният газ е насочен към комин чрез изпускаща линия, която обикновено е затворена от мембрана, но се отваря при налягане от около 5 MPa.

Вентилацията на контейнмънта се пуска ръчно, в съответствие с написаните аварийни инструкции като се отварят изолационните клапани на контейнмънта. Те може да се оперират или от самостоятелни батерии, или ръчно. След старта системата работи в изцяло пасивен начин.

Налягането на системата може да варира от около 2 - 100 MPa и може да спадне по време на вентилацията без промяна на ефективността. За да се прекрати вентилацията, когато исканото налягане е постигнато, един или и двата изолационни клапана се затварят.

2.5 Водородни рекомбинатори

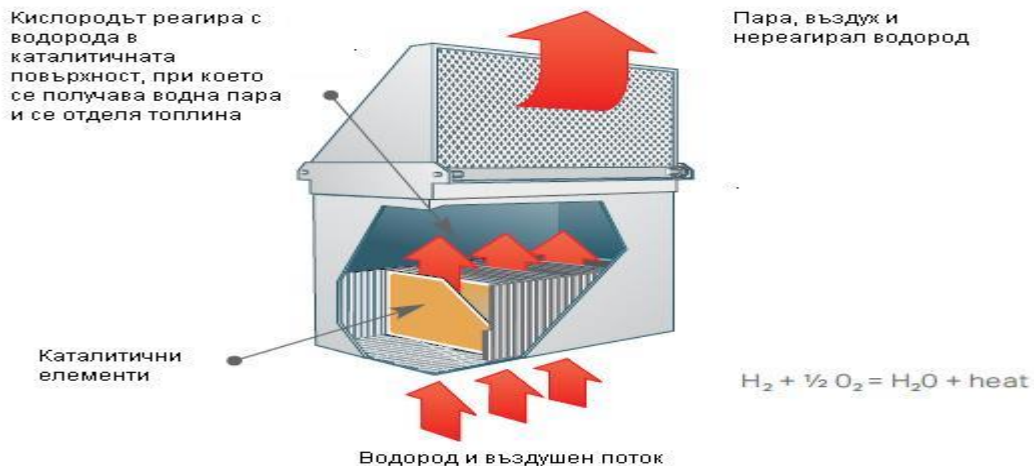
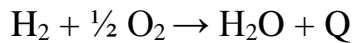
В помещенията на ЯЕЦ водород може да се образува при аварии, особено тежки, в резултат на взаимодействието на пара и вода при високи температури с материалите на активната зона, метални материали и вътрешното покритие на контейнмънта, както и при взаимодействие на разтопената маса от кориума с материалите на устройството за локализация на кориума. Генерирането на водород може да доведе до взривоопасни смеси в херметичната обвивка.

За решаване на задачите за водородна безопасност се използва система от пасивни автокаталитични рекомбинатори, предназначени за намаляване на взривоопасните концентрации на водород в помещенията на контейнмънта. Въз основа на детайлни изчисления на всички процеси в реактора и в защитната обвивка се обосновават производителността и местата на

разположение на рекомбинаторите с цел осигуряване на водородната безопасност при всички предвидени в дадения проект аварийни режими.

Местонахождението на източниците на водород се определя предварително в резултат на голям обем анализи на процесите в реактора и контейнмънта, както и анализ на здравината на оборудването.

Водородните рекомбинатори имат за цел да рекомбинират водорода с кислород чрез екзотермична реакция.



Фиг.4 Пасивен автокаталитичен рекомбинатор

Катализаторът, който се използва, представлява тънки плочи от неръждаема стомана, покрити с различни благородни метали, представляващи една голяма реакционна повърхност. Тя дава възможност за ниски начални температури и е много ефективна при тежки аварии. За насърчаване на естествената конвекция, пасивните автокаталитични рекомбинатори имат метален корпус с газов вход на дъното и страничен газов отвор в горната част. Многобройните успоредните пластини в долната част са разположени вертикално, на равно разстояние помежду си.

При контакт с катализатора, в долната част на корпуса му газовата смес, съдържаща водород, се рекомбинира. Топлината от тази реакция спомага за намаляването на плътността на газа, което води до задвижване на потока, като по този начин катализатора се снабдява с голямо количество водород, който пък от своя страна гарантира ефективността на рекомбинацията.

Размерите на рекомбинатора и катализатора са добре балансирани, което позволява максимална скорост на водородната рекомбинация при запазване на размера на компонентите.

2.6 Система за улавяне и охлаждане на стопилката

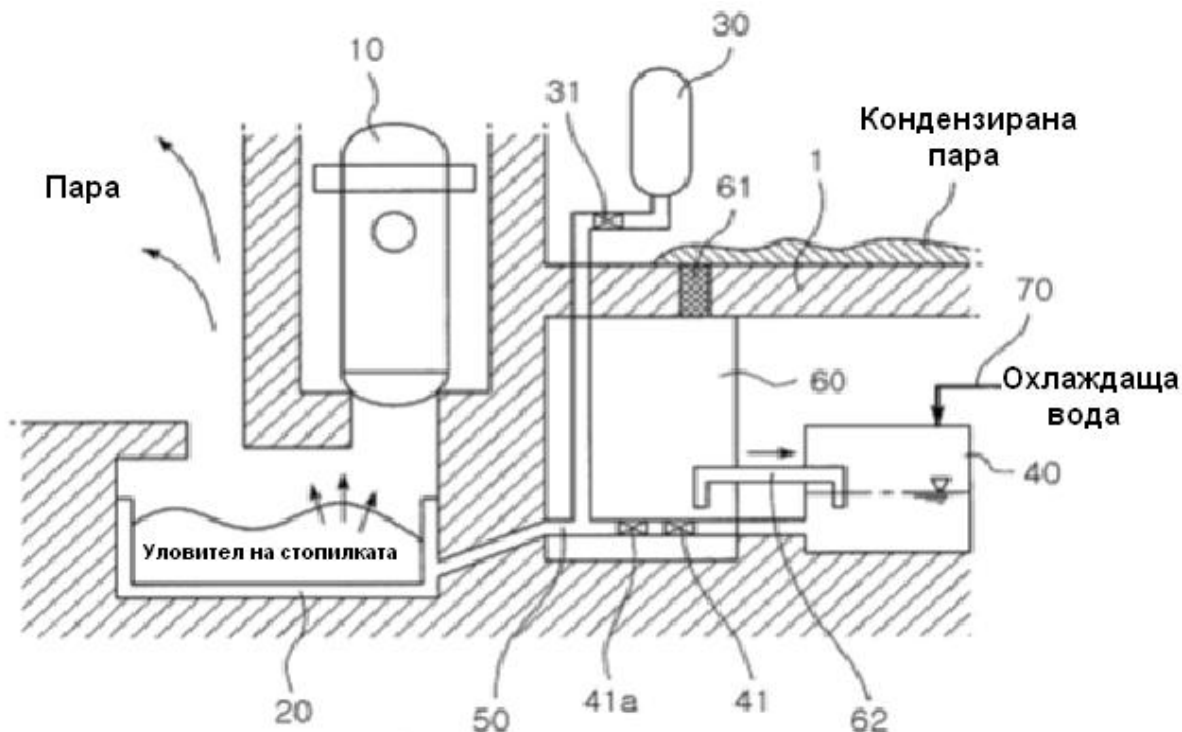
В сегашното поколение ЯЕЦ, има шанс за тежка авария, която ще доведе до разтопяване на активната зона на реактора. След формиране на стопилката има вероятност тя да не се задържи от корпуса на реактора. При разрушаването му стопилката вече ще има контакт с бетона, при което ще последва неговото разрушане и изпускане на радиоактивни вещества в околната среда.

Устройството за локализация на разтопената активна зона е инженерингово решение, което може пасивно да охлади, втвърди и задържи стопилка със свръхвисока температура. Предимството на тези устройства е, че може да намалят възможността за парна експлозия и да бъдат монтирани в херметичните обвивки както на съществуващи ядрени реактори, така и на новостроящи се.

Устройството за локализация на кориума в случай на тежка авария с разтапяне на активната зона изпълнява следните функции:

- Приемане и разполагане в обема си на течни и твърди компоненти на стопилката, фрагменти на активната зона и конструкционни материали на реактора;
- Предаване на топлината от стопилката към охлаждащата среда;
- Удържане на дъното на корпуса на реактора при негово откъсване;
- Осигуряване на подкритичностна стопилката в бетонната шахта;
- Осигуряване на подаването на охлаждаща вода и отвеждането на генерираната пара;
- Осигуряване на минимално изтичане на радиоактивни вещества и водород в пространството на херметичната обвивка;
- Ненадвишаванена максималните допустими напрежения в конструкциите, разположени в подреакторнотопомещение на бетонната шахта, при въздействия от страна на кориума;

- На етапа на продължително охлаждане на кориумада осигурява защита срещу разрушаване на опорните конструкции на реактора.



Фиг.5 Система за улавяне и охлаждане на стопилката

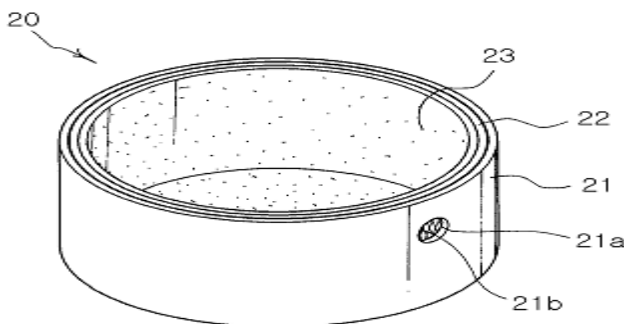
Системата за улавяне и охлаждане на стопилката включва: резервоар за задържане на разтопената маса 20, инсталиран в реакторната кухня, резервоар за съхранение на охлаждащата вода 40, инсталиран в херметичната обвивка 1, и резервоар за съхраняване на инертен газ под високо налягане 30, най-често азот. Охлаждащата вода от резервоар 40 и сгъстеният газ от резервоар 30 съответно имат изпускателните вентили 41 и 31. Резервоарът за съхранение на охлаждащата вода 40 е инсталиран на по-високо ниво от резервоара за задържане на разтопената маса 20, така че водата за охлаждане може пасивно да се стича в резервоара 20 чрез гравитацията. От своя страна резервоарът за задържане на разтопената маса е конфигуриран не само да издържа на високите температури на стопилката, но също така да осигури охлаждаща вода за равномерно охлаждане разтопената активна зана.

Инертния газ идващ от резервоара за сгъстен газ 30 се смесва с водата за охлаждане, идваща от резервоара за съхранение на охлаждаща вода 40, чрез смесител 50, а след това се подават към резервоара за задържане на разтопената

маса 20. Клапанът 41a се монтира на изхода на резервоара за съхранение на охлаждащата вода 40, така че да се предотврати обратен поток в следствие на високото налягане на инертния газ.

Когато парата, получена при взаимодействието на стопилката с охлаждащата вода кондензира върху вътрешната повърхност на херметичната обвивка 1, след стичането ѝ тя се събира в междинен резервоар 60. Този резервоар има филтър 61, инсталиран в горната част на резервоара и служи за отстраняване на отпадъците от кондензирана вода. Междинният резервоар 60 е свързан с резервоара за съхранение на охлаждащата вода 40 чрез тръба 62, която служи за запълване на резервоара 40 с кондензата от резервоар 60.

По този начин, чрез директния контакт на стопилката и охлаждащата вода се отвежда топлината. А чрез инертния газ се предотвратява парната експлозия, която може да бъде предизвикана от взаимодействието между стопилката и охлаждащата вода.



Фиг.6 Уловител на стопилката

Резервоарът за задържане на разтопената маса 20 се свързва със смесителя 50 чрез отвор 21a. Също така през него постъпват и охлаждащата вода и инертния газ.

Вътрешната пореста защитна обвивка 23 е направена от огнеупорен чакъл или прах за да удържи на високите температури, а същевременно има керамична структура, и по този начин може лесно да бъде коригирана според формите на отделението. Порестата структура на защитната обвивка 23 дава възможност на сместа от охлаждаща вода и инертни газове да бъде равномерно инжектирана през порите, като по този начин се предотвратява директния контакт между стопилката със свръхвисока температура и съседната структура. Също така, благодарение на своята структура, резервоарът за задържане на разтопената маса 20 може да бъде премахнат или заменен с нов следтежка авария.

Устройството за локализация на разтопената активна зона изпълнява функциите си с минимално управляващо въздействие от страна на оперативния персонал на ЯЕЦ. Локализацията и охлаждането на кориума може да протича за неограничено време. През първите 24 часа след аварията в условия на пълна липса на електрозахранване в ЯЕЦ, охлаждането на кориума се осигурява само от запаса от вода в резервоара на херметичната обвивка. За осигуряването на по-нататъшно надеждно удържане на стопилката е предвидено водния запас да бъде попълван от външни източници.

2.7 Технологични тапи

Предназначението на технологичните тапи е в режим на авария с разтопяване на бетона на хермообвивката да увеличат времето за проникване на стопилката извън пределите на хермообема.

Защитните устройства за каналите на йонизационните камери и дренажните тръбопроводи в режим на нормална експлоатация на блоковете не оказват влияние върху работата на останалите системи.

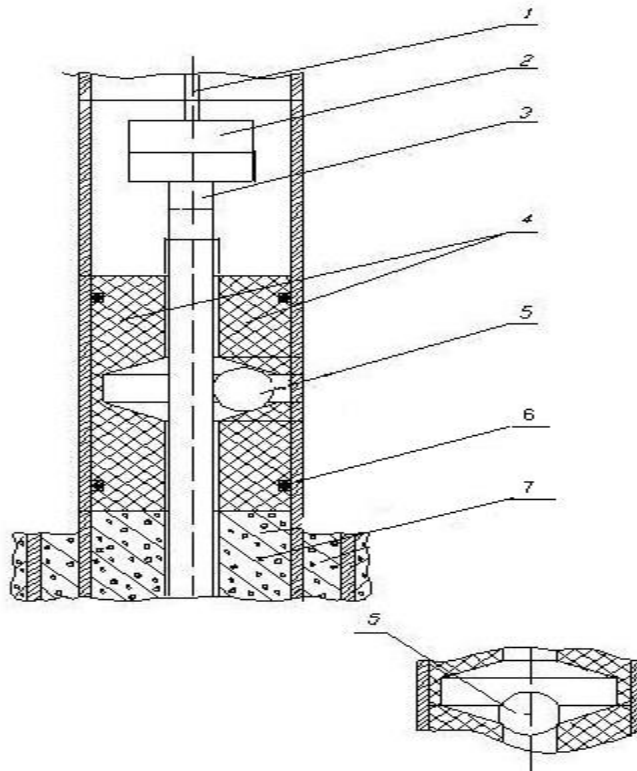
При проектирането на защитните устройства са използвани принципът на пасивност и принципът на вътрешната самозащита.

Принципът на пасивността се състои в това, че за работа на устройството не са необходими външни източници на енергия.

Принципът на вътрешната самозащита се състои в това, че като инициатор за задействане на устройствата служи самата стопилка, т.е. се осигурява безопасност за сметка на естествените обратни връзки.

Механизмът на работа в каналите на йонизационните камери се основава на самозатварянето на отвора за захранващия кабел на камерата със сфера под действие на силата на тежестта. В условия на нормална експлоатация, тъй като сферичната клапа е поставена с луфт в защитното устройство, не пречи на движението на йонизационните камери.

Тези технологични устройства се поставят в долния край на проходките на камерите и възетата за тяхното задвижване, над елементите за биологична защита. Устройствата са три вида според диаметъра на проходката и диаметъра на вътрешният канал.



Фиг.7 Затварящо устройство на йонизационна камера

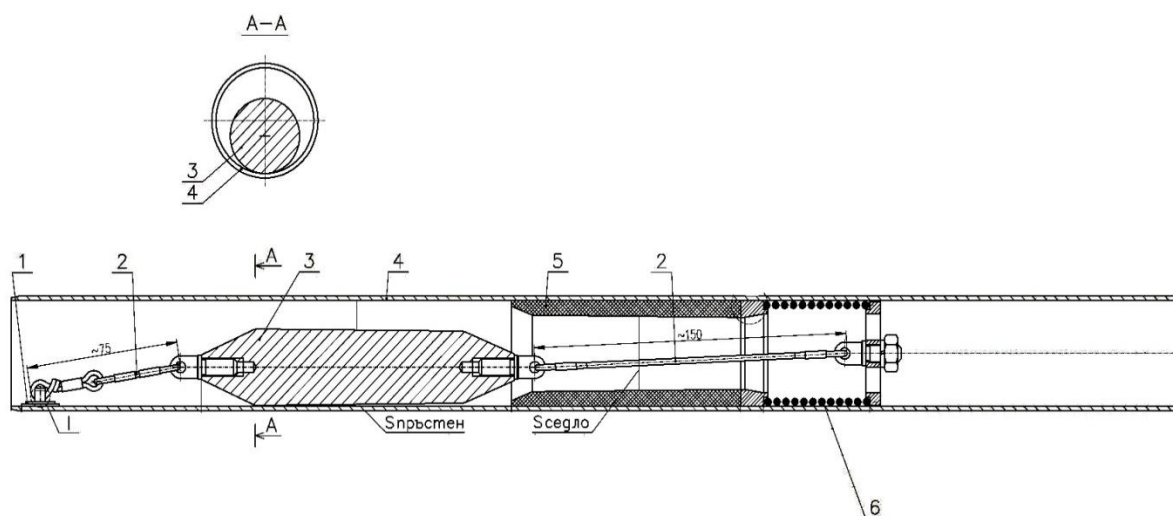
1. Стоманено въже
2. Йонизационна камера
3. Задвижващ кабел за йонизационната камера
4. Корпус от титанов карбид (TiC)
5. Затваряща сфера от волфрамов карбид (WC)
6. Външна стоманена тръба
7. Биозащита

След аблация на дебелината 145 мм бетонна стена между шахтата на реактора и каналите на йонизационните камери, в тях навлиза стопилка. Нейната температура е достатъчно висока и практически мигновено прегаря кабела на йонизационната камера, който падайки надолу, освобождава вътрешния канал на тапата. Поставената сфера от тапата, придвижвайки се под силата на тежестта си по наклонената повърхност, заема мястото на кабела, с което и запушва вътрешният канал.

Защитното устройство в дренажните тръбопроводи в условия на нормална експлоатацията осигурява безпрепятствено преминаване на кондензата.

Уплътняване на дренажа се получава под действие на пружина вследствие на действието на стопилката.

Представеното решение за дренажните тръбопроводи се състои в това, че външния луфт между тръбопроводите и обсадните тръби при наличие на такива, следва да се запълни със специализиран бетон на циментова основа, а вътре в тръбопровода да се монтира устройството, позволяващо в нормален режим на експлоатация преминаване на кондензат през тръбопровода, а при проникване в тръбата на стопилка да закрива (блокира) прохода в тръбопровода.



Фиг.8 Затварящо устройство на дренажен тръбопровод

1. Стопорно устройство
2. Съединителен елемент
3. Затварящ орган от волфрамов карбид (WC)
4. Керамично седло на тапата
5. Пружина
6. Направляващ диск
7. Стоманен опорен пръстен на седлото

При проникване на реакторната стопилка в дренажния тръбопровод, след прогаряне на леснотопимата спойка на държача, конусната сърцевина под действието на силата на пружината влиза в седлото с което и затваря тръбопровода т.е. преустановява проходимостта му. Под силата на собствената си тежест, поради малкия наклон на самия дренажен тръбопровод, стопилката достига до тапата и я задейства по описания по-горе начин.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основата на представения материал в доклада могат да бъдат направени следните основни изводи и заключения:

1. Във връзка с големите аварии в ядрените електроцентрали, съпроводени с негативни обществени реакции, се обръща решаващо внимание на проблемите на ядрената и радиационната безопасност;
2. Въпреки ниската вероятност на възникване, явлението тежка авария се нуждае от особено внимание от гледна точка на завишения риск, както за населението, така и за околната среда;
3. Управлението на тежки аварии и средствата за локализация на последствията от тях, са една от основните задачи пред съвременната ядрена енергетика.

ЛИТЕРАТУРА

1. Велев В., К. Филипов, Ядрена техника, ИФО Дизайн, София, 2011г.
2. Глухов Г., М. Лаков, Ядрени реактори и парогенераторни инсталации, Сиела, София, 1999.
3. Аварийни инструкции на 3 и 4 блок на АЕЦ “Козлодуй”- състояние и развитие, Варна, 2006.
4. Европейско Физическо Дружество (ЕФД), Технически доклад – “Енергия за бъдещето – ядрената алтернатива“, 2007.
5. Рогачев А., “Европейски стрес-тестове: цели, обхват и организация на процеса”